

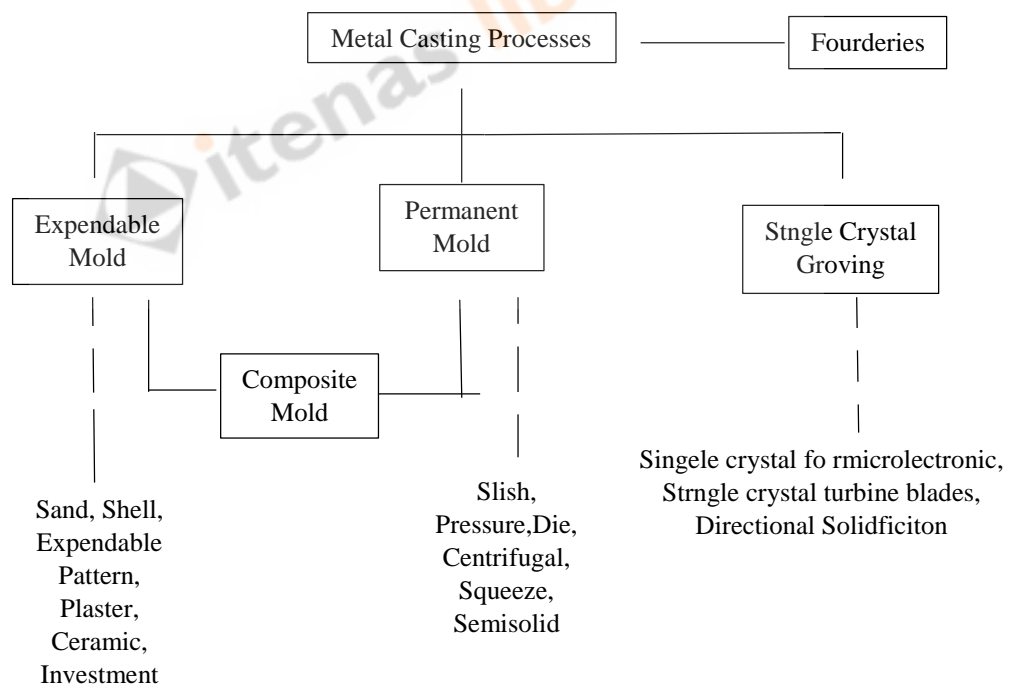
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengecoran

Definisi pengecoran, proses pengecoran (*Casting*) adalah salah satu teknik pembuatan produk dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan kedalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat.

Dimana proses pengecoran dapat menghasilkan produk yang sangat kuat dan tahan terhadap gesekan, karena mengalami perubahan fasa pada saat logam dicairkan dan pada saat logam didinginkan.



Gambar 2.1 Klasifikasi Proses Pengecoran (Bambang Adipratomo, 2016)

Ada 4 faktor yang berpengaruh atau merupakan ciri dari proses pengecoran, yaitu:

1. Adanya aliran logam cair kedalam rongga cetakan
2. Terjadi perpindahan panas selama pembekuan dan pendinginan dari logam dalam cetakan.
3. Pengaruh material cetakan.
4. Pembekuan logam dari kondisi cair.

Klasifikasi pengecoran berdasarkan umur dari cetakan, ada pengecoran dengan sekali pakai (*expendable Mold*) dan ada pengecoran dengan cetakan permanent (*permanent Mold*). Cetakan pasir termasuk dalam *expendable mold*. Karena hanya bisa digunakan satu kali pengecoran saja, setelah itu cetakan tersebut dirusak saat pengambilan benda coran. Dalam pembuatan cetakan, jenis-jenis pasir yang digunakan adalah pasir silika, pasir zircon atau pasir hijau. Sedangkan perekat antar butir-butir pasir dapat digunakan, bentonit, resin, furan atau air gelas. (Bambang Adipratomo, 2016)

2.1.1 Pengecoran Cetakan Pasir

Pengecoran *sand casting* adalah proses pengecoran logam untuk membuat suatu benda kerja atau komponen dengan metode penuangan logam cair kedalam cetakan pasir. Pengecoran *sand casting* paling banyak digunakan dalam produksi pengecoran dikarenakan metode ini merupakan metode yang paling kuno tetapi mempunyai banyak keunggulan seperti:

1. Dapat mencetak logam dengan titik lebur yang tinggi seperti baja, nikel dan titanium.
2. Dapat memproduksi benda cor dengan dimensi dari yang ukuran kecil hingga ukuran besar serta panjang seperti pengecoran untuk pembuatan baling-baling kapal dan rel kereta api.
3. Dapat memproduksi banyak dengan cetakan yang banyak pula. Pembuatan benda cor dengan metode sand casting harus dilakukan dengan

banyak pertimbangan dan perencanaan yang baik untuk menghasilkan produk hasil pengecoran mempunyai kualitas yang baik dengan sedikit terjadi cacat.

2.1.2 Keuntungan dan Kerugian Pengecoran Logam

Keuntungan yang didapat dari produk pengecoran logam secara umum adalah:

1. Dapat membentuk komponen yang rumit
2. Dapat menghemat waktu dan pekerjaan untuk produk massal
3. Dapat memakai bahan yang tidak dapat dikerjakan dengan proses pemesinan
4. Ukuran produk tidak terbatas
5. Bahan dasar dapat di daur ulang

Kerugian yang dimiliki oleh produk pengecoran logam:

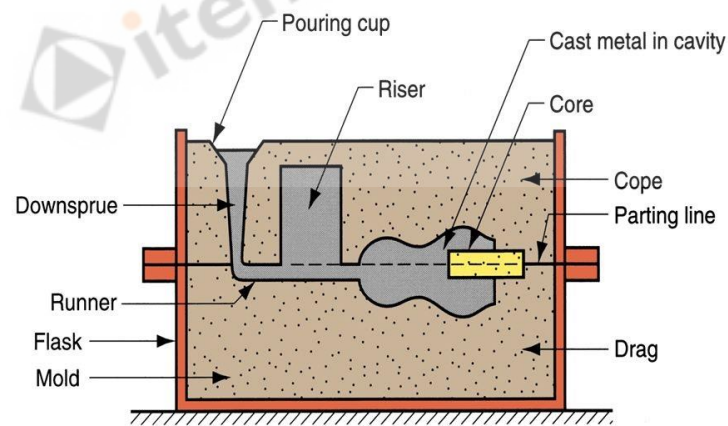
1. Kurang ekonomis untuk produksi dalam jumlah kecil.
 2. Permukaan yang dihasilkan umumnya lebih kasar daripada produk pemesinan.
 3. Toleransi kepresisian ukuran halus lebih besar dari produk pemesinan.
- (Achmad Fahrurddin, 2015)

2.1.3 Terminologi Pengecoran dengan Cetakan Pasir

Secara umum cetakan harus memiliki bagian-bagian utama sebagai berikut:

- *Cavity* (rongga cetakan), merupakan ruangan tempat logam cair yang dituangkan kedalam cetakan. Bentuk rongga ini sama dengan benda kerja yang akan dicor. Rongga cetakan dibuat dengan menggunakan pola.
- *Core* (inti), fungsinya adalah membuat rongga pada benda coran. Inti dibuat terpisah dengan cetakan dan dirakit pada saat cetakan akan digunakan. Bahan inti harus tahan menahan temperatur cair logam paling kurang bahannya dari pasir.

- *Gating sistem* (sistem saluran masuk), merupakan saluran masuk kerongga cetakan dari saluran turun. *Gating sistem* suatu cetakan dapat lebih dari satu, tergantung dengan ukuran rongga cetakan yang akan diisi oleh logam cair.
- *Sprue* (Saluran turun), merupakan saluran masuk dari luar dengan posisi vertikal. Saluran ini juga dapat lebih dari satu, tergantung kecepatan penuangan yang diinginkan.
- *Pouring basin*, merupakan lekukan pada cetakan yang fungsi utamanya adalah untuk mengurangi kecepatan logam cair masuk langsung dari ladle ke *sprue*. Kecepatan aliran logam yang tinggi dapat terjadi erosi pada *sprue* dan terbawanya kotoran-kotoran logam cair yang berasal dari tungku kerongga cetakan.
- *Raiser* (penambah), merupakan cadangan logam cair yang berguna dalam mengisi kembali rongga cetakan bila terjadi penyusutan akibat solidifikasi. (ahmedabad, 2016)



Gambar 2.2 Terminologi pengecoran cetakan pasir (Ahmedabad, 2016)

2.2 Pola (*Pattern*)

Pola adalah sebagai alat bantu dalam membuat rongga pada cetakan pasir. pembuatan pola di dasari dari gambar teknik yang di aplikasikan dalam bentuk 3 dimensi atau miniature yang mirip sekali dengan produk yang akan dibuat. Pembentukan rongga pada cetakan pasir dilakukan dengan menekan pola pada

permukaan pasir. setelah padat maka pola diangkat dari pasir sehingga meninggalkan bekas yang merupakan bentuk negative dari produk yang akan dibuat.

Kualitas dari hasil pengecoran juga tergantung kepada disain dari pola, ada beberapa bagian penting yang harus dimiliki oleh pola ;

1. Bagian utama, adalah bagian yang merupakan miniature dari produk yang akan dibuat. Hasil dari cetakan adalah rongga utama.
2. Bagian inti, bagian yang sengaja dibuat apabila diharapkan hasil produk akan membentuk rongga, sehingga perencanaan juga dilakukan pada pola, dimana pada pola di buatkan tempat sebagai dudukan inti (telapak inti) pada cetakan.

Dari bagian-bagian di atas, terkadang dalam perancang dan pembuatan pola juga dilengkapi dengan bagian seperti :

1. Bagian saluran masuk dan saluran tang, bagian ini di buat agar pada cetakan akan terdapat rongga untuk saluran masuk dan saluran tuang.
2. Bagian untuk tambahan (riser), bagian tambahan ini sengaja buat, terutama untuk produk berdimensi besar.
3. Bagian finising, sengaja dibuat untuk proses penghalusa permukaan yang akan memungkinkan dilakukan dengan proses permesinan.

Menetapkan kup , drag, dan permukaan pisah (*parting line*)

Yang perlu diperhatikan dalam penentuan kup, drag, dan permukaan pisah adalah :

- pola harus mudah dikeluarkan dari cetakan, permukaan pisah lebih baik satu bidang, dan kup dibuat agak dangkal.
- Penempatan inti harus mudah.
- System saluran (gating system) harus dibuat seefisien mungkin agar mendapat aliran logam cair yang optimum.
- Terlalu banyaknya permukaan pisah akan membuat banyak waktu dalam proses pembuatan cetakan yang menyebabkan tonjolan-tonjolan sehingga pembuatan pola menjadi mahal.

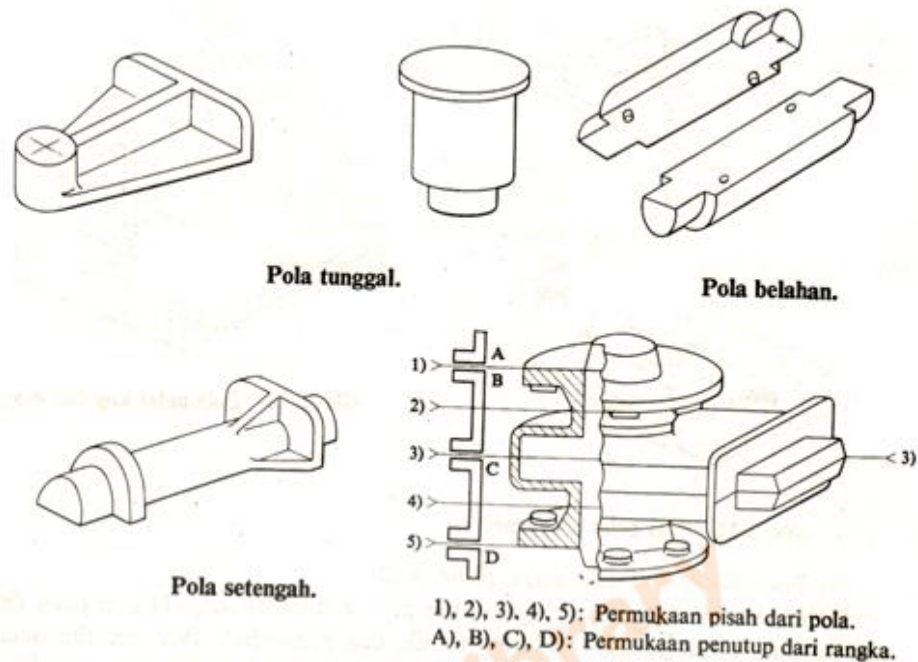
2.2.1 Jenis Pola

Berdasarkan bentuknya pola teragi menjadi dua jenis yaitu :

1. Pola tetap : pola yang dapat dipakai berulang-ulang biasanya terbuat dari logam dan kayu
2. Pola tidak tetap : pola yang di pakai satu kali biasanya terbuat dari plastic atau stirofon, lilin

Dan dari jenis ini dapat di kembangkan beberapa macam pola yang ada, antara lain adalah:

1. Pola tunggal : pola yang dibuat menyatu pada keseluruhan bagian pada pola, yang sudah di lengkapi dengan pertimbangan untuk penyusutan, kemiringan dan tambahan untuk proses permesinan
2. Pola belahan : pola dibelah pada bagian tengah menjadi dua bagiansama besar, untuk mempermudah dalam cetakan
3. Pola setengah :pola ini untuk kup dragnya simetri,cetak pada kup dan drag hanya dibuat dengan pola
4. Pola belahan banyak : dalam hal ini pola dibagi menjadi tiga belah atau lebih untuk memudahkan penarikan dari cetakan dan untuk penyederhanaan pemasangan inti. Pada cetakan yang dibuat dengan pola ini kadang-kadang terjadi pergeseran, sehingga menyebabkan salah ukuran.



Gambar 2.3 Jenis pola (Yusril Irawan 2019)

2.2.2 Bahan - bahan Pola

Bahan utama untuk pembuatan pola adalah :

a. Kayu

Syarat-syarat kayu untuk pembuatan pola :

1. Kering sekali (jangan melenting). Kadar air 5-8%.
2. Mudah dikerjakan dengan mesin atau tangan
3. Mempunyai serat-serat halus
4. Tidak mudah retak atau pecah karena pengerjaan pencetakan.

Jenis kayu yang cocok antara lain Jati, mahoni, pinus, damar (agathis), multiplek (cocok sekali untuk landasan pola, terutama untuk pencetakan dengan mesin (kadar air rendah sekali)

b. Logam

Bahan logam dipakai sebagai bahan pola yang akan dicetak banyak sekali memakai mesin cetak atau jumlah sedang pada cetakan dengan tangan. Bahan logam harus mempunyai syarat-syarat :

1. tahan aus, bahan yang dipakai besi cor
2. ringan, bahan yang dipakai aluminium
3. mudah dikerjakan, bahan yang dipakai aluminium
4. liat (tidak mudah pecah) bahan yang dipakai besi cor liat
5. dapat memanaskan cetakan dengan ketebalan merata dalam hal ini cara pencetakan kulit (*shell mould*) bahan yang dipakai tembaga.

c. Resin

Bahan resin yang sering dipakai adalah epoxy resin. Bahan ini mempunyai sifat-sifat :

1. tahan aus
2. penyusutan kecil
3. bisa dimesin

bahan resin ini dipakai sebagai bahan pola untuk coran kecil-kecil dari satu masa produksi, atau dilakukan pencetakan dengan mesin. Untuk membuat pola dari resin ini harus dibuat negatifnya dari bahan kayu, logam dan resin sendiri.

d. Lilin

Bahan pola dari lilin biasa dipakai untuk benda coran kecil, produksi masa dan pengecoran paduan kelas tinggi umpunya sudu-sudu turbin. Untuk pola lilin kita harus menyediakan cetakan untuk membuat pola lilin. Pola lilin ni biasanya tidak diambil dari cetakan secara utuh tetapi dikeluarkan dengan cara pemanasan. Pemakaian cetakan pola lilin akan lebih ekonomis bila benda tuangnya kurang dari 3 kg dan banyaknya lebih dari seratus benda tuang. Ketebalan minimum dari pengecoran ini adalah 1 mm. cara pola lilin cocok sekali untuk benda tuang temperature tinggi, barang ornament (patung) dan bagian-bagian senjata pola.

e. Styrofoam

Pola dari Styrofoam, biasanya dipakai satu kali karena pola tersebut tidak dikeluarkan lagi dari cetakan, cetakan yang dipakai adalah semen atau chemical moulding yang tidak berpengaruh bahan pola.

f. Gips

Bahan pola dari gips biasanya dipakai untuk membuat benda tuang dengan jumlahnya satuan, mengingat bahan ini mudah pecah. Bahan pola ini biasanya dipakai untuk benda tuang dari barang-barang seni, alat teknik, dsb. Cara pembuatannya bias secara cetakan atau ukiran dan irisan. (Yusril Irawan, 2019)

2.3 Pasir Cetak

Pasir cetak adalah pasir yang digunakan untuk membuat cetakan. Alasan pemakaian pasir sebagai bahan cetakan adalah karena murah dan ketahanannya terhadap temperatur tinggi. Kebanyakan pasir yang digunakan dalam pengecoran adalah pasir silika (SiO_2). Pasir cetak harus memiliki sifat- sifat antara lain :

- a. Mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah untuk dibentuk.
- b. Distribusi besar yang cocok, dan seragam.
- c. Tahan terhadap temperatur logam yang dituang.
- d. Permeabilitas yang cocok, sehingga tidak terjadi cacat seperti rongga penyusutan, kekasaran permukaan, dan gelembung gas.

Selain hal tersebut diatas, pasir cetak harus memiliki kadar lempung sekitar 10-20% untuk dapat dipakai. Pasir cetak ada beberapa jenis yaitu pasir gunung, pasir pantai, pasir sungai, dan pasir silika. Beberapa dari pasir tersebut dipakai begitu saja tanpa melalui proses lain, namun ada juga yang harus digiling dan dipecah menjadi butir-butir dengan komposisi yang cocok. Pasir yang memiliki komposisi yang cocok dan bersifat adhesi dapat dipakai begitu saja sedangkan kalau sifat adhesinya kurang maka harus ditambahkan lempung.

2.3.1 Pasir Furan

Pasir furan adalah pasir cetak dengan pengikat resin furan atau fenol dengan komposisi pasir kuarsa 90 %, resin furan atau fenol 0,8 – 1,2 %, dengan bahan pengeras (hardener) untuk resin furan adalah asam fosfat (H_3PO_4) sedangkan pengeras untuk resin fenol biasanya asam Tolualsulfon (PTS). Pasir furan ini

sedikit tidak ramah lingkungan di bandingkan dengan pasir *green-sand* dikarenakan menggunakan bahan B3.

Pasir furan ini mempunyai proses pengeringan dingin artinya pada proses pengeringannya tidak memerlukan media pemanas, dan bisa langsung mengering sendiri. Hal ini di sebabkan karna pasir furan akan segera mengeras dengan sendirinya jika resin bertemu dengan pengeras, oleh karna itu biasaya pengeras di campur dengan cara di taburkan setelah campuran pasir cetak dan resin di masukkan ke dalam rangka cetak. (PT.XYZ,2019)

Pasir furan di PT.XYZ d sendiri pasir furan di tes di lab sehingga dalam penggunaannya dapat dengan maksimal, hasil dari uji lab sendiri dapat dilihat di table di bawah ini:

Tabel 2.1 Spesifikasi mechanical

Spesifikasi Mechanical		
Pengujian	Spesifikasi Mechanical	Hasil Pemeriksa
Rata-rata Ukuran Butir	AFS 30-45	37,74
Kuat Bengkok	>80 gr/cm ²	120-140 gr/cm ²
Kadar Clay	1% - 3%	0,40 %
Temperatur Pasir Cetak	20 C – 30 C	25 C – 30 C
Loss in Ignition	< 3 %	3,5 %

(PT.XYZ, 2019)

Sedangkan parameter parameter hasil dari uji lab adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Parameter-parameter hasil uji lab pasir cetak

Parameter-Parameter Hasil Uji Lab Pasir Cetak

Parameter-Parameter	Komposisi
Kadar Air	2 %
Berat Spesimen	147 gr
Rededensity	0,80 gr/cm ³
Mampu Padat	44 gr/cm ²
Kekuatan Tekan	1340 gr/cm ²
Kekuatan Geser	770 gr/cm ²
Retak	220 gr/cm ²

(PT.XYZ, 2019)

2.3.2 *Skewness Meshing*

Melakukan mesh yang sesuai tergantung pada parameter fisik simulasi Anda adalah konsep inti dari simulasi CFD. ini adalah bagian terpenting dari simulasi CFD yang memiliki dampak luar biasa pada hasil simulasi.

Meskipun tidak ada aturan khusus untuk meshing, namun, ada beberapa parameter seperti kemiringan, rasio aspek, ortogonalitas (mirip dengan non-ortogonal di beberapa pemecah CFD seperti OpenFOAM) dll, yang memainkan aturan penting dalam meshing.

Berikut empat parameter penting yang harus diikuti untuk menghasilkan jaring elemen yang sesuai:

1. Rasio aspek sel:

Rasio aspek adalah rasio panjang tepi terpanjang dengan panjang tepi terpendek. Ini harus sama dengan 1 untuk mesh yang ideal. (Perhatian: Ini kurang penting dalam jaring lapisan batas)

2. Kemiringan:

Ini adalah salah satu ukuran kualitas utama untuk jaring elemen. Menurut definisi skewness, nilai 0 menunjukkan sel sama sisi (terbaik) dan nilai 1 menunjukkan sel yang benar-benar merosot (terburuk). Wajah dan sel yang sangat miring tidak dapat diterima karena persamaan yang diselesaikan

mengasumsikan bahwa sel-sel tersebut relatif sama sisi / sama. Ini telah ditentukan untuk berbagai jenis mesh sebagai berikut:

- Sel heksahedron dan quad - kemiringan tidak boleh melebihi 0,85;
- Sel segitiga - kemiringan tidak boleh melebihi 0,85;
- Sel tetrahedron - kemiringan tidak boleh melebihi 0,9;

3. Ortogonalitas:

Ini melibatkan sudut antara vektor yang menghubungkan dua node mesh (atau volume kontrol) dan vektor normal untuk setiap permukaan titik integrasi (n) yang terkait dengan tepi tersebut. Faktanya, selalu lebih baik menghabiskan lebih banyak waktu untuk mendapatkan mesh berkualitas baik, mungkin dengan non-ortogonal sesedikit mungkin tergantung pada perangkat lunak (Misalnya kurang dari 60 di OpenFOAM).

4. kehalusan:

Perubahan ukuran sel / elemen harus bertahap (mulus). Idealnya, perubahan maksimum dalam jarak bingkai harus <20%. (Berarti perubahan maksimal antara dua mesh tetangga harus sekitar 1.2). Sel kuad / hex dapat direntangkan di mana alirannya berkembang sepenuhnya dan pada dasarnya satu dimensi.

Secara keseluruhan, jika kualitas mesh melebihi aturan ini, lebih baik untuk mengulang mesh dan meningkatkan kualitas. Tergantung pada fisika simulasi Anda, kemungkinan simulasi menyimpang atau menyatu dengan hasil yang salah.

2.4 Sistem Saluran (*Gating System*)

Saluran tuang dapat didefinisikan secara sederhana sebagai suatu bagian untuk mengalirnya logam cair mengisi rongga cetakan. Bagian-bagiannya meliputi cawan tuang (*pouring basin*), saluran turun (*sprue*), dan saluran masuk (*ingate*). Sistem saluran yang ideal harus memenuhi kriteria seperti; mengurangi cacat, menghindari penyusutan dan dapat mengurangi biaya produksi, berikut adalah uraian dari karakteristik sistim saluran yaitu:

- a. Dapat mengurangi terjadinya turbulensi aliran logam cair kedalam rongga cetakan. Turbulensi akan menyebabkan terjebaknya gas-gas/ udara atau kotoran(*slag*) didalam logam cair yang dapat menghasilkan cacat coran.
- b. Mengurangi masuknya gas-gas kedalam logam cair.
- c. Mengurangi kecepatan logam cair yang mengalir kedalam cetakan, sehingga tidak terjadi erosi pada cetakan.
- d. Mempercepat pengisian logam cair kedalam rongga cetak untuk menghindari pembekuan dini.
- e. Mengakomodir pembekuan terarah (*directional solidification*) pada produk coran.
- f. Gradien temperatur yang terjadi saat masuknya logam cair kedalam cetakan harus sama baiknya dengan gradient temperature pada permukaan cetakan sehingga pembekuan dapat diarahkan menuju *riser*.

Tabel 2.3 *Tolerance casting process*

Casting Process	Part Size	Tolerance		Casting Process	Part Size	Tolerance	
		mm	in			mm	in
Sand casting				Permanent mold			
Aluminum ^a	Small	±0.5	±0.020	Aluminum ^a	Small	±0.25	±0.010
Cast iron	Small	±1.0	±0.040	Cast iron	Small	±0.8	±0.030
	Large	±1.5	±0.060	Copper alloys	Small	±0.4	±0.015
Copper alloys	Small	±0.4	±0.015	Steel	Small	±0.5	±0.020
Steel	Small	±1.3	±0.050	Die casting			
	Large	±2.0	±0.080	Aluminum ^a	Small	±0.12	±0.005
Shell molding				Copper alloys	Small	±0.12	±0.005
Aluminum ^a	Small	±0.25	±0.010	Investment			
Cast iron	Small	±0.5	±0.020	Aluminum ^a	Small	±0.12	±0.005
Copper alloys	Small	±0.4	±0.015	Cast iron	Small	±0.25	±0.010
Steel	Small	±0.8	±0.030	Copper alloys	Small	±0.12	±0.005
Plaster mold	Small	±0.12	±0.005	Steel	Small	±0.25	±0.010
	Large	±0.4	±0.015				

(Bayu Prayogo, 2015)

Berikut ini ditunjukkan jenis-jenis system saluran :



Gambar 2.4 Jenis-jenis saluran (Bayu Prayogo, 2015)

Sistem saluran terdiri atas:

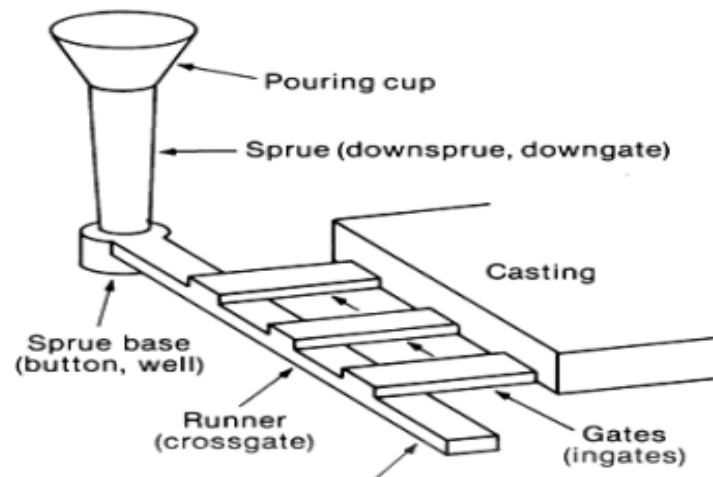
- Saluran masuk (*ingate*).
- Saluran pengalir (*runner*).
- Saluran turun (*sprue*).

Penentuan coran dalam sistem saluran:

- Tempatkan dimensi coran yang besar pada bagian bawah.
- Minimalkan tinggi dari coran.
- Tempatkan daerah terbuka dibagian bawah.
- Tempatkan coran sedemikian rupa hingga riser berada pada tempat tertinggi dari coran untuk bagian yang besar. Jika akan dibuat terpisah (*cope and drag*):
- Umumnya *runner*, gate dan sprue ditempatkan pada drag.
- Tempatkan bidang pisah (*parting plane*) relatif serendah mungkin terhadap coran.
- Tempatkan bidang pisah pada bagian dimana coran mempunyai luas permukaan terbesar. Sistem saluran dari proses pengecoran mempunyai bagian-bagian seperti berikut:

1. Cawan tuang (*pouring cup*).
2. Saluran turun (*sprue*).
3. Saluran Turun Dasar (*sprue base*)
4. Pengalir (*runner*).

5. Pengalir tambahan (*runner extention*)
6. Saluran masuk (*ingate*)

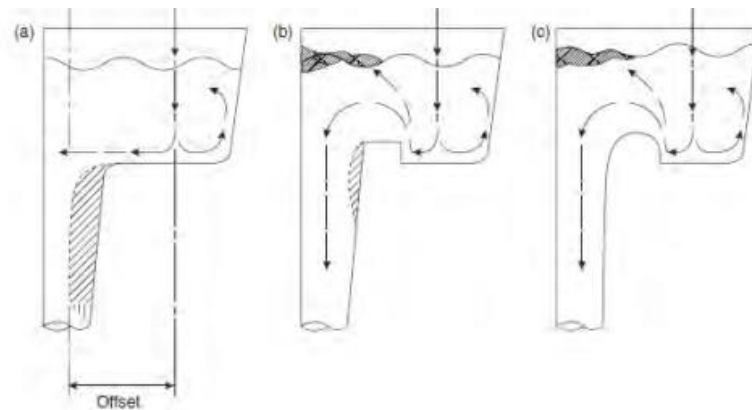


Gambar 2.5 Bagian-bagian sistem saluran (Bayu Prayogo, 2015)

Masing-masing bagian pada sistem saluran adalah untuk memungkinkan logam cair dapat mengisi rongga cetak secepat mungkin dengan meminimalkan terjadinya turbulensi serta menyediakan logam cair yang cukup selama proses solidifikasi dan mencegah cacat. Selain itu, sistem saluran harus didesain untuk menangkap kotoran dan terak selama proses penuangan.

1. Cawang Tuang (*Pouring Basin*)

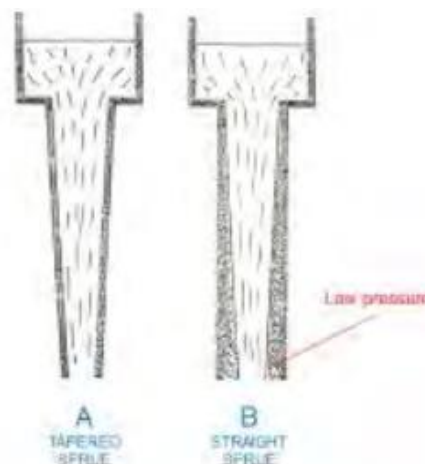
Merupakan bagian yang menerima cairan logam langsung dari ladle. Biasanya berbentuk corong atau cawan dengan saluran turun dibawahnya. Cawan tuang tidak boleh terlalu dangkal sebab hal itu bisa menyebabkan pusaran karena bentuk dari cawan tuang itu sendiri sehingga timbul terak atau kotoran yang terapung pada logam cair. Pada gambar 2.12 cawan tuang dengan bentuk *without step dan sharp step* mengakibatkan celah udara pada saat masuk menuju saluran turun, dengan adanya celah tersebut aliran logam cair membentuk olakan yang mengakibatkan rongga udara masuk kedalam rongga cetak dan terjadi cacat porositas pada hasil coran. Bentuk cawan tuang yang baik sebaiknya menggunakan *radius step* yang tidak menyebabkan adanya celah udara pada saluran yang menuju rongga cetak sehingga adanya cacat bias dikurangi.



Gambar 2.6 Cawan tuang (a) *without step* (b) *sharp step* (c) *radius step* (Bayu Prayogo, 2015)

2. Saluran Turun (*Sprue*)

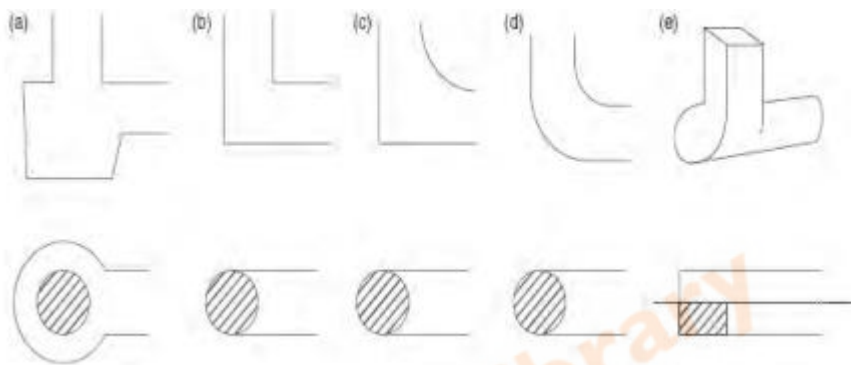
Adalah saluran pertama cairan logam dari cawang tuang kedalam pengalir dan saluran masuk. Saluran turun dibuat lurus dan tegak dengan irisan berupa lingkaran. Kadang irisan sama besar ukurannya dari atas kebawah atau terkadang berbentuk tirus kebawah. Dengan kita memilih bentuk *straight sprue* maka aliran logam cair akan membentuk olakan dan aliran jatuh bebas dimana di daerah yang bertekanan rendah kemungkinan akan menyebabkan menghisapan udara dan gas yang akan dijerat dalam aliran logam cair. Sehingga kemungkinan adanya cacat rongga udara, selain itu akibat aliran jatuh bebas tersebut mengakibatkan pasir cetak menjadi rontok dan terbawa oleh logam cair.



Gambar 2.7 Bentuk sprue a) *Tapered sprue*, b) *Straight sprue* (Bayu Prayogo, 2015)

3. Saluran Turun Dasar (*sprue base*)

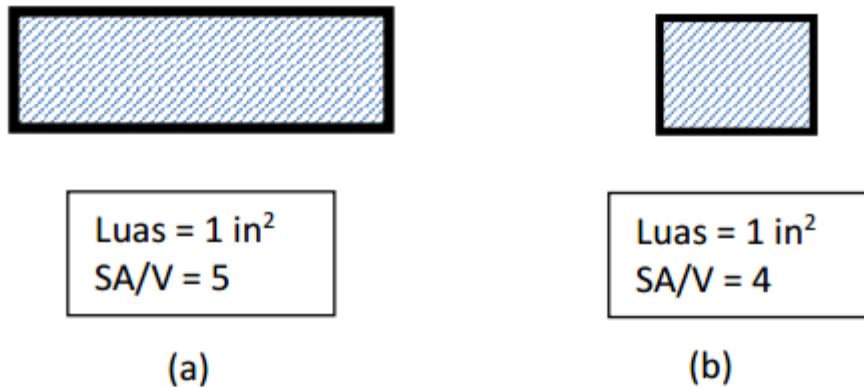
Adalah bagian sprue bagian dasar dimana luasan bagian dasarnya diperluas, biasanya berbentuk silinder atau segi empat yang berfungsi untuk merangkap kotoran pada aliran logam cair dan mengurangi energy kinetic yang jatuh bebas yang mengakibatkan aliran turbulen. Biasanya pemilihan bentuk dari *sprue base* adalah silindris karena mudah dibuat dari pada bentuk yang lain.



Gambar 2.8 Bentuk saluran turun dasar (Bayu Prayogo, 2015)

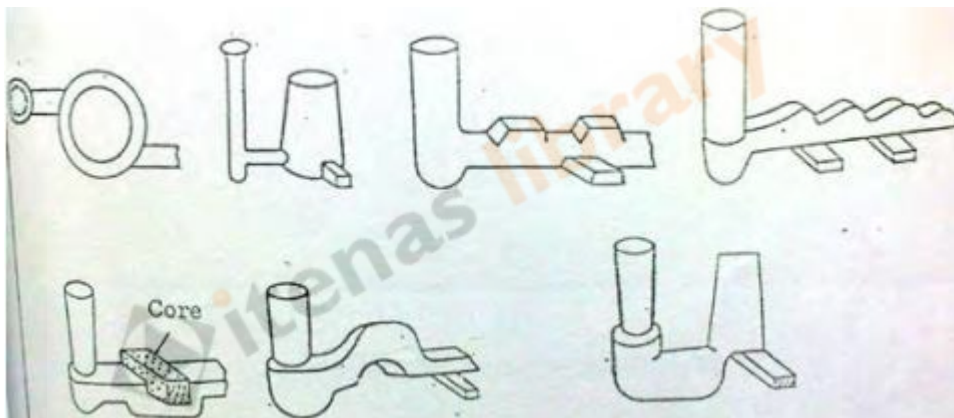
4. Pengalir (*Runner*)

Adalah saluran yang membawa logam cair dari saluran turun menuju rongga cetak. Pengalir biasanya mempunyai irisan seperti trapesium atau setengah lingkaran sebab irisan yang demikian mudah dibuat pada permukaan pemisah (*parting line*). Untuk pengalir tidak dianjurkan berbentuk silindris, karena bentuk tersebut memicu terjadinya olakan sehingga mengakibatkan adanya gas yang terperangkap pada aliran logam cair yang mengakibatkan timbulnya cacat porositas pada hasil coran. Menurut AFS untuk pemasangan pengalir diletakkan di posisi drug dan saluran masuk (*ingate*) diletakkan di cup, supaya kotoran/dross diharapkan mengendap didasar pengalir dan yang masuk kerongga cetak adalah aliran logam cair yang bersih.



Gambar 2.9 Jenis bentuk Pengalir : Wide shallow runner (a), dan Square runner (b) (Bayu Prayogo, 2015)

Jenis perangkat dross/pengotor pada runner :



Gambar 2.10 Perangkat kotoran (Bayu Prayogo, 2015)

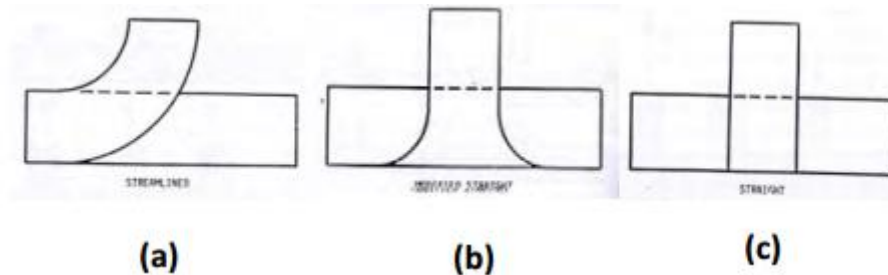
5. Pengalir Tambahan (*runner extention*)

Adalah bagian pengalir yang diperpanjang yang berfungsi untuk merangkap kotoran /dross dari logam cair akibat erosi dinding cetakan karena aliran turbulen dan kotoran saat penuangan.

6. Saluran Masuk (*Ingate*)

Adalah saluran untuk mengisikan logam cair dari saluran pengalir kedalam rongga cetakan. Saluran ini dibuat dengan irisan yang lebih kecil daripada irisan pengalir agar dapat mencegah kotoran masuk kedalam rongga cetakan. Saluran ini dapat terdiri dari satu atau lebih saluran masuk dalam system saluran yang

direncanakan. Untuk bentuk saluran masuk lebih baik pilih dengan bentuk straight karena mudah dibuat, tetapi peletakannya diatas pengalir (*runner*).

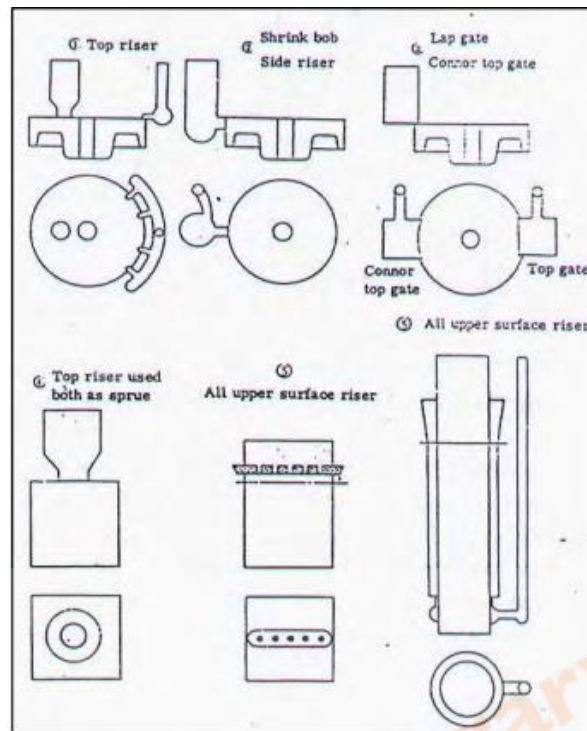


Gambar 2.11 (a) *streamlined* (b) *modified straight* (c) *straight* (Bayu Prayogo, 2015)

7. Saluran Penambah (Riser)

Riser didisain dekat ke bagian yang tebal dan berfungsi sebagai umpan logam cair selama pembekuan. Riser mempunyai ukuran dan konstruksi agar dapat membeku paling akhir. Pertimbangan terhadap riser adalah sebagai berikut:

- Tempatkan *riser* dekat bagian yang tebal.
- Penggunaan *side riser* umumnya ditempatkan diatas ingate, digunakan untuk coran dengan dinding tipis.
- *Riser* diukur berdasarkan volume logam cair.
- *Riser* dibuat cukup besar agar dapat mengisi bagian yang menyusut dan terakhir membeku.
- *Riser* harus mengimbangi penyusutan dalam pembekuan dari coran, sehingga ia harus membeku lebih lambat dari coran.



Gambar 2.12 Jenis Riser (Bayu Prayogo, 2015)

2.5 Faktor-faktor penting dalam proses penuangan (pengecoran)

Faktor-faktor penting yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan produk penuangan (pengecoran) adalah bahwa perubahan temperatur pada bahan produk penuangan tersebut akan mengakibatkan pula perubahan terhadap bentuk dari produk itu sendiri, dengan keragaman dimensional produk akan terjadi perbedaan ketebalan bahan sehingga proses pendinginan pun tidak akan merata, dengan demikian maka akan terjadi tegangan yang tidak merata pula, maka deformasi pun tidak dapat dihindari, akibatnya benda kerja akan mengalami perubahan bentuk secara permanen disamping dapat merugikan sifat mekanis dari bahan tersebut. Oleh karena itu tindakan preventif harus dilakukan, antara lain :

2.5.1 Penentuan tambahan penyusutan

Tambahan ukuran bahan diberikan pada saat pembuatan cetakan yang direncanakan sejak pembuatan model (*pattern*), walaupun tidak sangat akurat penambahan ukuran ini dapat dianalisis dari bentuk dimensi produk tersebut melalui bentuk model yang kita buat dapat ditentukan besarnya kelebihan ukuran yang harus dilebihkan, dimana penyusutan pada bahan yang tipis akan berbeda

dengan penyusutan bahan yang lebih tebal. Untuk itu table 2.3 berikut dapatlah dijadikan acuan dalam menentukan kelebihan ukuran (*Allowance*) terhadap kemungkinan terjadinya penyusutan.

Tabel 2.4 Tambahan penyusutan yang disarankan

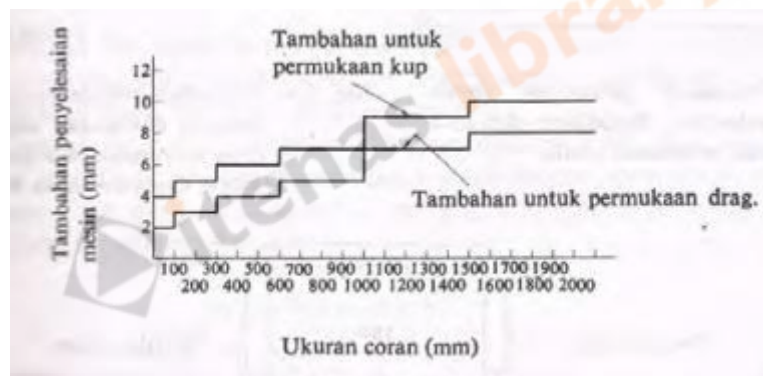
Tambahan Penyusutan	Bahan
8/1.000	Besi cor, baja cor tipis
9/1.000	Besi cor, baja cor tipis yang bnyak menyusut
10/1.000	Sama dengan atas dan aluminium
12/1.000	Paduan aluminium, brons, baja cor (tebal 5-7mm)
14/1.000	Kuningan kekuatan tinggi, baja cor
16/1.000	Baja cor (tebal dari 10 mm)
20/1.000	Coran baja yang besar
25/1.000	Coran baja besar dan tebal

(Bayu Prayogo, 2015)

2.5.2 Penentuan tambahan penyelesaian mesin

Pada beberapa produk bagian tertentu dari produk penguangan diperlukan permukaan dengan kualitas tertentu sehingga dipersyaratkan penyelesaian dengan pekerjaan pemesinan (*machining*). Benda yang demikian ini biasanya merupakan bagian dari konstruksi rakitan sehingga masing-masing komponen akan terpasang secara baik, misalnya *Cylinder Block* dengan *Cylinder head* pada engine dan lain lain. Untuk itu maka benda tuangan tersebut harus diberikan kelebihan ukuran, sehingga setelah pemesinan ukuran akhir sesuai dengan yang dikehendaki, oleh karena itu pula analisis terhadap gambar kerja menjadi sangat penting sebelum pembentukan model yakni drag dan cope dilakukan.

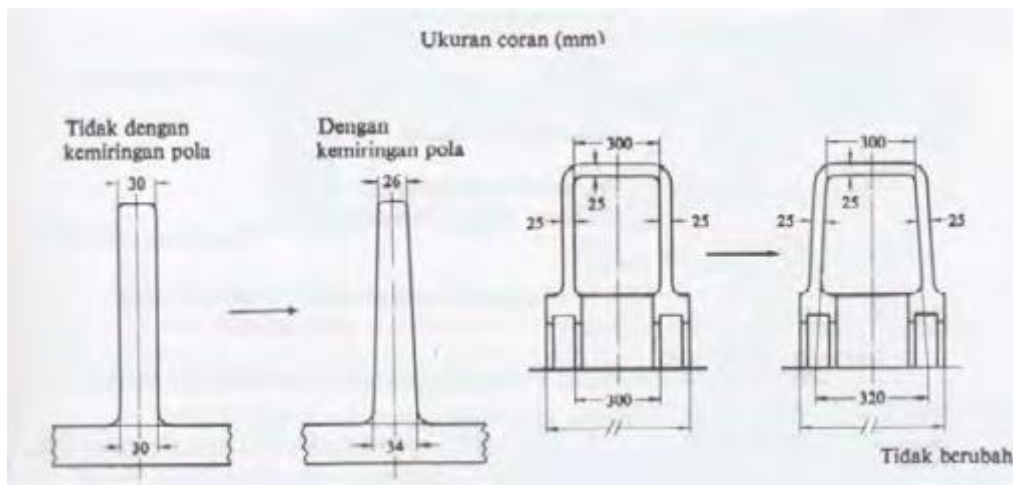
Berikut merupakan gambar dan table pekerjaan mesin yang menunjukkan harga-harga acuan dalam memberikan ukuran tambahan pada cetakan sesuai dengan ukuran benda yang akan dikerjakan.



Gambar 2.13 Tambahan penyelesaian mesin untuk coran paduan bukan besi (Bayu Prayogo, 2015)

2.5.3 Kemiringan pola

Permukaan-permukaan tegak dari pola dimiringkan mulai dari permukaan pisah, untuk memudahkan pengangkatan pola dari cetakan. Meskipun dalam hal mempergunakan pola logam, pola ditarik dengan pengarah dari pena-pena dan membutuhkan kemiringan 1/200, pola kayu membutuhkan 1/30 sampai 1/200.



Gambar 2.14 Contoh kemiringan pola (Bayu Prayogo, 2015)

2.5.4 Tebal Dinding Minimum Coran

Ukuran coran harus ditentukan sehingga coran mudah dibuat, dinding yang sangat tipis menyebabkan cacat salah alir dan coran tidak baik. Maka tebal minimum harus dipilih sesuai dengan bahannya.

Tabel 2.5 Ketebalan dinding minimum dari pengecoran pasir

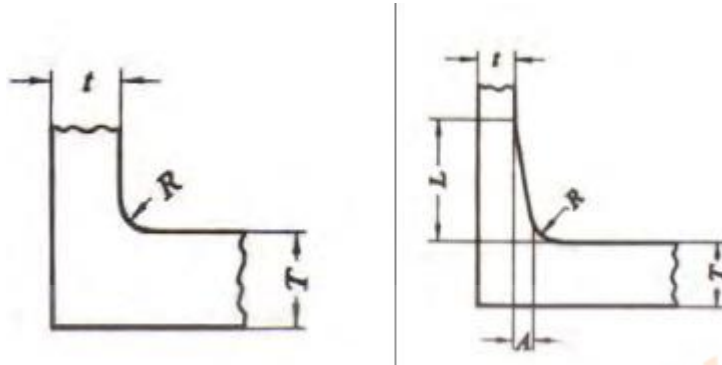
Bahan	Ukuran coran (mm)					
	kurang dari 200	200-400	400-800	800-1.250	1.250-2.000	2.000-3.200
Besi cor kelabu	3	4	5	8	8	10
Besi cor mutu tinggi	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	12-16
Besi cor bergrafit bulat.	5-6	6-8	8-10	10-12	12-16	16-20
Baja cor	5	6	8	10	12	16
Baja tahan karat	8	10	12	16	20	25
Bronz & kuningan	2	2,5	3	4	5	6
Kuningan tegangan tinggi.	3	4	5	6	8	10
Paduan aluminium	2-3	2,5-4	3-5	4-6	5-8	6-10

(Bayu Prayogo, 2015)

2.5.5 Sudut Siku dan Tajam

Bagian yang bersudut siku dan tajam pada coran harus mempunyai radius di sudut dalamnya, kecuali dalam hal-hal khusus karena sudut yang tajam

mengakibatkan adanya cacat crack atau pun cacat penyusutan, sehingga perbandingan tebal dari kedua dinding dari sambungan L lebih kecil dari 1:1,5, maka sudut dalamnya cukup mempunyai radius $R = T/3$ (T =tebal dinding), dimana kalau perbandingan lebih dari itu, bagian dari kedua dinding harus mempunyai sudut.



Gambar 2.15 Pertemuan L (Bayu Prayogo, 2015)

$$L=4(T - t)$$

$$A=(T - t)$$

Dimana :

T =ukuran dinding tebal

t = ukuran dinding tipis

Dalam hal ini sudut dari gradient adalah 15° . Radius dari sudut harus

$$R = T/3$$

2.5.6 Toleransi Ukuran dari Tebal dan Panjang

Ukuran coran akan menyimpang oleh karena adanya penyimpangan dari pola pada pembuatan cetakan, ketidak telitian pada pemasangan inti, dan variasi penyusutan volume dari coran, sehingga ukuran coran harus diperkenankan dengan batasan toleransi yang terdapat pada **tabel 2.3**.

2.6 Aliran Logam Cair

Logam cair yang mengalir dalam sistem saluran dianggap sebagai aliran fluida sehingga dalam perancangan sistem saluran perlu memperhatikan sifat-sifat dari aliran fluida untuk mendapatkan sistem saluran yang tepat. Pada perancangan

system saluran terbentuknya aliran turbulen sangat dihindari. Aliran turbulen pada sistem saluran dapat mengakibatkan terbentuknya daerah yang bertekanan lebih rendah sehingga akan menyebabkan terjebaknya udara atau gas dalam coran. (Bayu Prayogo, 2015)

2.7 Perencanaan Sistem Saluran

Berdasarkan *American Foundrymen's Society* (AFS), sistem saluran yang optimal dapat dibuat berdasarkan ketentuan sebagai berikut:

1. Sistem saluran menggunakan sistem tanpa tekanan dimana perbandingan antara luasan saluran turun : pengalir : saluran masuk adalah 1 : 4 : 4.
2. Saluran turun yang digunakan adalah saluran turun yang meruncing dengan bagian bawah saluran turun mengecil merupakan luasan penyempitan.
3. Menggunakan cawan tuang.
4. *Sprue Base* digunakan untuk menyerap energi kinetik yang jatuh dari saluran turun.
5. *Runner* diletakkan di *drag* dan *ingate* di *cup*.
6. Perpanjangan pengalir digunakan untuk menjebak slag atau pengotor dari logam cair, terjebaknya udara atau gas dalam coran. Di dalam melakukan perhitungan sistem saluran dibutuhkan beberapa data awal yang akan digunakan untuk menentukan

dimensi sistem saluran. Secara matematis perhitungan system saluran antara lain:

a) Menghitung volume pola (V). Gunakan gambar pola ataupun ukuran dari pola yang sudah disertai toleransi ukuran serta penambahan untuk penyusutan, penyelesaian mesin, dan kemiringan pola.

b) Menghitung berat benda coran (w) dengan menggunakan rumus:

$$w = \rho \cdot V \dots \dots \dots \text{(Pers 2.1)}$$

Dengan ρ merupakan massa jenis material pengecoran.

c) Menghitung waktu tuang (t) untuk coran menggunakan material *cast iron* dapat dihitung dengan menggunakan rumusan berikut:

$$t = K_1 \sqrt{w} \dots \dots \dots \text{(Pers 2.2)}$$

Dimana :

- K1 = Konstanta
 = 1,8 untuk penampang 3/8 s/d 1 in tebal
 = 1,4 untuk penampang < 3/8 in tebal
 = 2,0 untuk penampang > 1 in tebal
 t = Waktu tuang (detik)
 w = Berat benda coran (lb)

d) Menentukan *Choke Area* (AB) dapat dihitung berdasarkan rumusan:

$$AB = \frac{w}{d.t.c\sqrt{2.g.H}} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.3)}$$

Dimana :

AB = Luasan penyempitan *Choke Area* (mm²)

w = Berat coran (gr)

d = Densitas logam cair (gr / cm³)

t = Waktu penuangan (detik)

H = Ketinggian efektif saluran turun (cm)

g = Percepatan gravitasi (981 cm/det²)

c = Faktor efisiensi dari saluran turun

= 0,88 (*tapered sprue*)

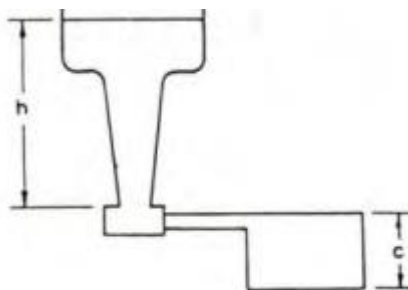
= 0,47 (*round straight sprue*)

= 0,74 (*square tapered sprue*)

Untuk menentukan ketinggian efektif saluran turun didasarkan atas sistem saluran yang digunakan antara lain sebagai berikut :

•*Top Gating system*, dengan menggunakan rumus :

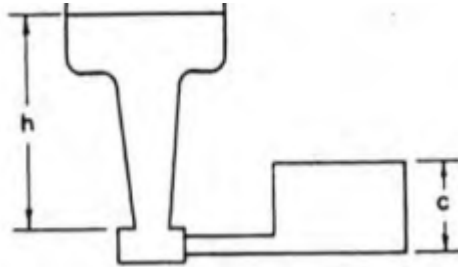
$$H = h \dots\dots\dots \text{(Pers 2.4)}$$



Gambar 2.16 *Top Gating* (Achmad Fahrudin, 2015)

• *Bottom gating system*, dengan menggunakan rumus :

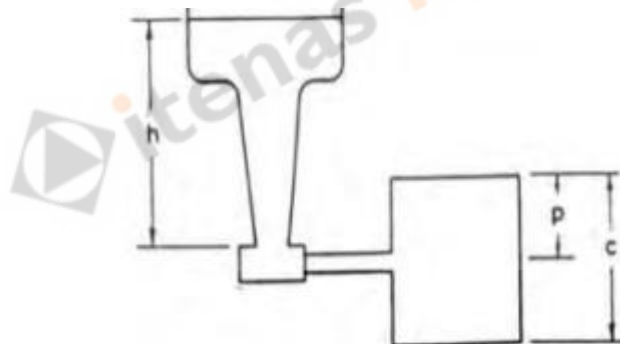
$$H = h - \frac{c}{2} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.5)}$$



Gambar 2.17 *Bottom gating* (Achmad Fahrudin, 2015)

• *Parting line gating system*, dengan menggunakan rumus :

$$H = \frac{2hc - p^2}{2c} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.8)}$$



Gambar 2.18 *Parting line* (Achmad Fahrudin, 2015)

e) Menentukan *Area of the Top of Sprue (AT)* dapat dihitung dengan rumusan:

$$AT = A_B \sqrt{\frac{H}{b}} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.7)}$$

Dimana :

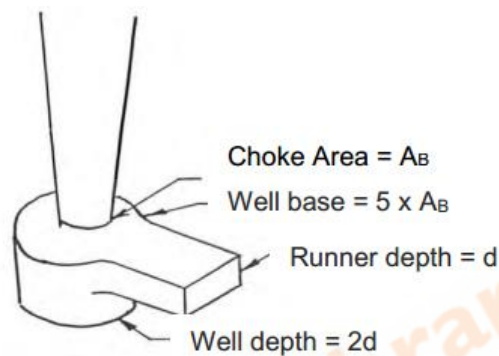
A_B = *Choke Area* (mm²)

b = Kedalaman logam pada cawan tuang (mm)

f) Menentukan Luasan Pengalir (*Runner Area*) dan luasan

saluran masuk (*Gate Area*) dengan menggunakan rekomendasi AFS pengecoran horizontal maka untuk menentukan luasan pengalir menggunakan perbandingan antara *choke area* : *runner area* : *gate area* = 1 : 4 : 4. Maka *runner area* sama dengan empat kali *choke area* dan *gate area* sama dengan empat kali *choke area*.

g) Menghitung Saluran Turun Dasar (*Well Base*) Perumusan *well base* sebagai berikut:



Gambar 2.19 Dimensi *Well Base* (Achmad Fahrudin, 2015)

Dimana :

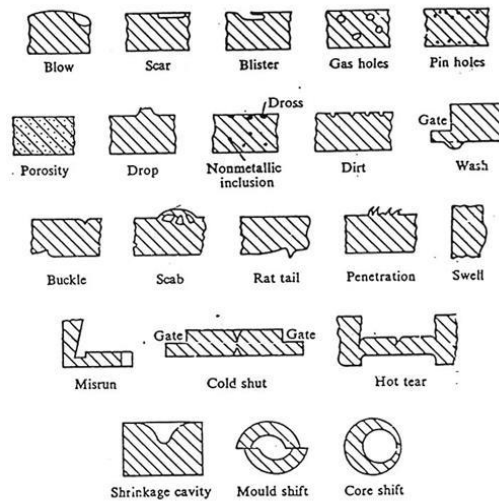
Well base = 5 x AB.....(Pers 2.8)

Well depth = 2 x *Runner depth* (d)(Pers 2.9)

Dimana : AB = *Choke Area* (mm)

2.8 Cacat Pengecoran

Pada proses pengecoran banyak sekali adanya cacat pada produk. Apabila produk tersebut akan diproduksi dan banyak adanya cacat coran maka banyak pula kerugian yang didapatkan, sehingga cacat tersebut harus dikurangi semaksimal mungkin.



Gambar 2.20 Macam – macam Bentuk Cacat (Achmad Fahrudin, 2015)

Banyak faktor-faktor yang mempengaruhi cacat pada coran, misal desain sistem saluran yang kurang maksimal, waktu penuangan yang terlalu lama, dll. Cacat-cacat tersebut biasanya berupa cacat penyusutan, porositas, salah alur, retakan, slag, dros inklusi pasir dan masih banyak cacat-cacat yang lain. Dari semua cacat-cacat tersebut dapat diketahui dan dapat dilakukan pencegahannya.

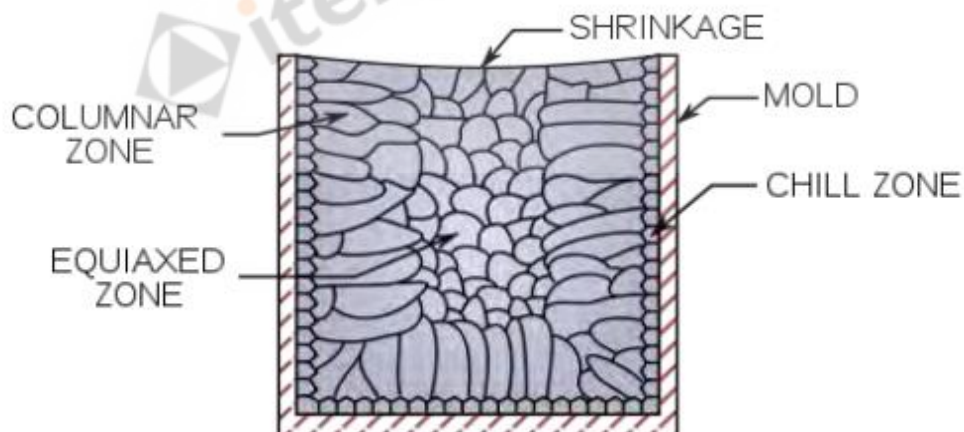
2.8.1 Penyusutan (*Shrinkage*)

Pada setiap pembuatan cetakan (*mould*) harus selalu memperhitungkan terjadinya penyusutan (*shrinkage*) setelah terjadi pembekuan. Hal itu terjadi karena adanya perubahan fase dari material cair menjadi padat sehingga akan terjadi perubahan volume. Jadi jika dibandingkan dengan ukuran pada rongga cetak, ukuran produk akan berbeda, yakni ukurannya akan menjadi lebih kecil dibandingkan rongga cetaknya.



Gambar 2.21 Cacat penyusutan (*Shrinkage*) (Achmad Fahrudin, 2015)

Proses pembekuan logam cair dimulai dari bagian logam cair yang bersentuhan dengan dinding cetakan karena panas dari logam cair diambil oleh cetakan sehingga bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan itu mendingin sampai titik beku. Selama proses pembekuan berlangsung, inti-inti kristal tumbuh. Bagian dalam coran mendingin lebih lambat daripada bagian luarnya. Akibat adanya perbedaan kecepatan pembekuan, terbentuklah arah pembekuan yang disebut dendritik.



Gambar 2.22 Ilustrasi Terjadinya Cacat Penyusutan (*Shrinkage*) (Achmad Fahrudin, 2015)

Bentuk benda coran mempengaruhi terjadinya cacat *shrinkage*. Untuk itu, dihindari benda coran yang memiliki perubahan tebal yang sangat besar dan pada bidang lengkung yang memerlukan pekerjaan tangan diubah menjadi datar. Adanya

perubahan tebal yang terlalu besar dan bentuk benda coran yang rumit memperbesar kemungkinan terjadinya cacat penyusutan (*shrinkage*).

Cacat penyusutan (*shrinkage*) merupakan cacat pada coran berupa cekungan bila bentuk cetakan terbuka seperti pada gambar 2.23 dan berupa rongga bila bentuk cetakan tertutup dengan bentuk tidak beraturan seperti pada gambar 2.22, terlihat kondisi permukaannya yang kasar, terjadi karena penyusutan volume logam cair pada saat proses pembekuan dan tidak mendapatkan pasokan logam cair dari *riser*. Pada saat logam membeku, tiap bagian coran yang berbeda bentuknya memiliki kecepatan pembekuan yang berbeda pula, cacat tersebut mudah terjadi pada bagian yang paling lambat membeku. Sebab-sebab adanya rongga penyusutan antara lain sebagai berikut :

- 1) Tidak menggunakan saluran penambah (*riser*).
- 2) Temperatur penuangan yang terlalu rendah menyebabkan penambah membeku lebih dahulu.
- 3) Perencanaan dan pembuatan *riser* kurang sempurna .
- 4) Logam cair yang teroksidasi menyebabkan perbandingan penyusutan yang besar.
- 5) Ukuran leher *riser* yang tidak cukup.
- 6) Penempatan *riser* yang tidak tepat .
- 7) Cetakan membengkak karena tekanan dari logam cair di tempat yang kurang mampat.
- 8) Perubahan yang mendadak dari ketebalan menyebabkan sukarnya proses pengisian dari *riser*.
- 9) Terdapat bagian coran yang cekung terlalu tajam atau mempunyai radius terlalu kecil.
- 10) Logam cair yang dialirkan mengandung banyak karat dan kotoran.

(Achmad Fahrudin, 2015)

2.9 Material GS-52

GS-52 untuk coran tanpa tekanan khusus dengan sifat aus yang baik, aplikasi dalam kontruksi 35system crane dan konveyor, dalam kontruksi alat dan

mesin pemerosesan, untuk mesin kontruksi, crawler pads, spring tension plates, crawler chain links, differential casing, brake discs. Untuk coran dengan tekanan statis dan dinamis adalah application for cog wheels, toothed rims, eccentric wheel, drive tumblers, center pivots, crawler chain links, clutch bodies, ball races, front walls, buffer discs, buffer heads, kesesuaian terbatas untuk pengerasan permukaan. Aplikasi untuk suhu antara 10-300 °C. (Matmach,2019)

Tabel 2.6 Mechanical Properties

C(%)	Si(%)	Mn(%)	P(%)	S(%)	Yield stress (Mpa)	Tensile stress (Mpa)
≤0.3	0.3-0.6	0.2-0.5	≤0.04	≤0.04	≥255	≥510

(Matmach,2019)

Tabel 2.7 : Physical Propertis

Quantity	Value	Unit
Thermal Expansion	10	e-6/K
Thermal Conduktivty	53	W/m.K
Spectific Heat	460	J/Kg.K
Melting Temperature	1480 – 1526	°C
Density	7700	Kg/m ³
Resistivty	0.55	ohm.mm ² /m

(Matmach,2019)

Tabel : 2.8 Heat Treatment

Annealing	Quenching	Tempering	Normalizing	Q & T
√	√	√	√	√

(Matmach,2019)

2.9.1 Unsur Paduan Pada *Carboon steel* GS 52

Sifat baja sangat tergantung pada unsur-unsur yang terkandung didalamnya. Unsur-unsur paduan ditambahkan untuk mengurangi sifat yang tidak diinginkan pada baja karbon dan memperbaiki atau menambah sifat-sifat lain yang dikehendaki (Arian Yullianto. 2011). Pengaruh dari beberapa unsur paduan terhadap sifat baja paduan dikemukakan dibawah ini:

a. Karbon (C)

Pada baja-baja perkakas, persentase karbon antara 0,1 - 0,6 %. Karbon juga merupakan unsur penting yang mempengaruhi harga kekerasan dalam pembentukan fasa martensit. Selain itu kenaikan kandungan karbon akan berpengaruh pada kekuatan tarik (*tensile strength*), menaikkan keuletan (*ductility*) dan sifat mampu las (*weldability*) akan menurun dengan naiknya kandungan karbon.

b. Mangan (Mn)

Semua baja mengandung mangan karena sangat diperlukan dalam proses pembuatan baja. Kandungan mangan kurang lebih 0,6 % masih belum dikatakan paduan dan tidak mempegaruhi sifat baja. Dengan bertambahnya kandungan mangan suhu kritis seimbang. Baja dengan 12 % Mn adalah austenit karena itu suhu kritisnya dibawah suhu kamar akibatnya baja tidak dapat diperkeras. Unsur ini dapat berfungsi sebagai deoksidasi dari baja dan dapat mengikat sulfur dengan membentuk senyawa MnS yang titik cairnya lebih tinggi dari titik cair baja. Dengan demikian akan dapat mencega pembentukan Fe, S, yang titik cairnya lebih rendah dari titik cair baja. Akibatnya kegetasan pada suhu tinggi dapat dihindari, disamping itu menguatkan fasa ferit.

c. Silikon (Si)

Silikon berfungsi sebagai deoksidasi, silikon juga dapat menaikkan hardenability dalam jumlah sedikit, tetapi dalam jumlah yang banyak akan menurunkan keuletan. Biasanya unsur-unsur kimia lainnya seperti mangan,

molybdenum dan chromium akan muncul dengan adanya silikon. Kombinasi silikon dengan unsur-unsur tersebut akan menambah kekuatan dan ketangguhan dari baja.

d. Sulfur (S)

Sulfur dapat membuat baja menjadi getas pada temperatur tinggi, oleh karena itu dapat merugikan baja yang digunakan pada suhu tinggi. Umumnya kadar sulfur harus dikontrol serendah-rendahnya, yaitu kurang dari 0,05 %.

e. Phospor (P)

Phospor dalam jumlah besar dalam baja dapat menaikkan kekuatan dan kekerasan, tetapi juga menurunkan keuletan dan ketangguhan impak. Pada baja-baja konstruksi kandungan phosphor dibatasi dengan kandungan maksimum yang biasanya tidak lebih dari 0,05%.

2.10 ProCast

ProCast 2016 adalah perangkat lunak yang kuat untuk casting simulasi yang menyediakan suite yang luas dari modul dan alat untuk proses *prototyping* dan manufaktur. ProCast dirancang khusus untuk *prototyping* virtual dan simulasi. Dengan menggunakan ini tool, akan mudah untuk melakukan pengujian model kerja (38industry38), dan melalui proses interaksi dan berulang-ulang. ProCast 2016 Suite menawarkan suite yang luas dari alat serbaguna untuk memenuhi segala macam kebutuhan dan 38industry yang paling menantang. ProCast dapat digunakan untuk mengatasi tugas yang paling teknis menuntut dalam casting, meningkatkan produktivitas, pengendalian biaya, sekaligus mengurangi lead time. (ESI, 2019)

2.11 Generator

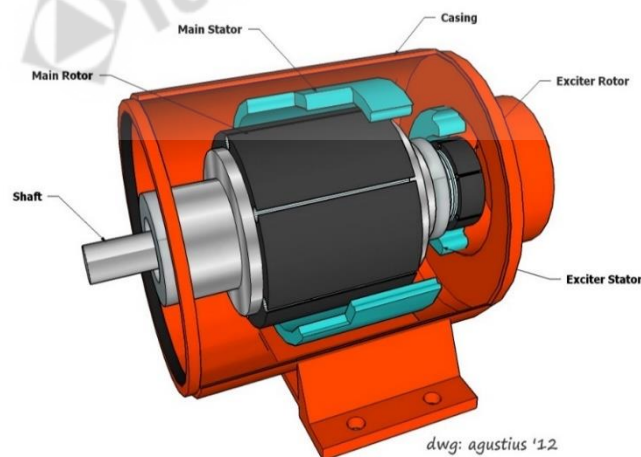
Generator yaitu alat elektronika yang fungsinya buat mengubah input berupa energi kinetik jadi gelombang listrik yang berlangsung secara terus-menerus atau satu kali terhadap input. Gelombang yang dipertemukan ini akan menimbulkan beda potensial, jadi akan terbentuk aliran elektron dari kutub negatif ke positif. Ini yang dimaksud energi listrik.

Prinsip kerja / cara kerja generator listrik adalah generator bekerja berdasarkan hukum faraday yakni apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis gaya magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan timbulkan ggl (garis gaya listrik) yang mempunyai satuan volt.

Komponen generator terdiri dari mesin, alterator, sistem bahan bakar, Regulator Tegangan, Sistem Pendingin dan Sistem Pembuangan Panas, Sistem Pelumas, Charger Baterai, dan Casing Atau rumah motor.

- **Casing**

Casing terbuat dari baja ringan yang dirancang untuk menopang inti stator dan kumparan-kumparnya seperti yang terlihat pada gambar 1. Pada umumnya generator di PLTU didinginkan dengan hidrogen yang bertekanan, oleh karena itu casing harus dirancang mampu menahan tekanan dan ledakan hidrogen yang mungkin terjadi (besarnya tekanan ledak diperkirakan dua kali tekanan hidrogen). (Ito Suteja, 2018)



Gambar 2.23 Casing Generator (Ito Suteja, 2018)